LCD-17 型变压器差动继电器

1 用途

1.1 本继电器作为 LCD－16 型继电器的一个特殊品种适用于单侧电源的终端变电站中， 作为双绕组变压器、三绕组变压器、自耦变压器内部短路故障的主保护，能检测下列故障：

a. 变压器内部绕组的三相或两相短路；

b. 中性点直接接地或经低电阻接地的变压

c. 器的接地故障；

d. 变压器绕组匝间或层间短路。

2 结构

本产品采用 BCH－1 型差动继电器的铝质底座，开孔及安装尺寸与 BCH－1 完全相同，以方便使用单位在设备更新时，用本产品替换 BCH－1～BCH－4 产品，提高运行可靠性，保证主设备安全。本产品可以板前接线也可以板后接线，外形及安装尺寸见图 1。

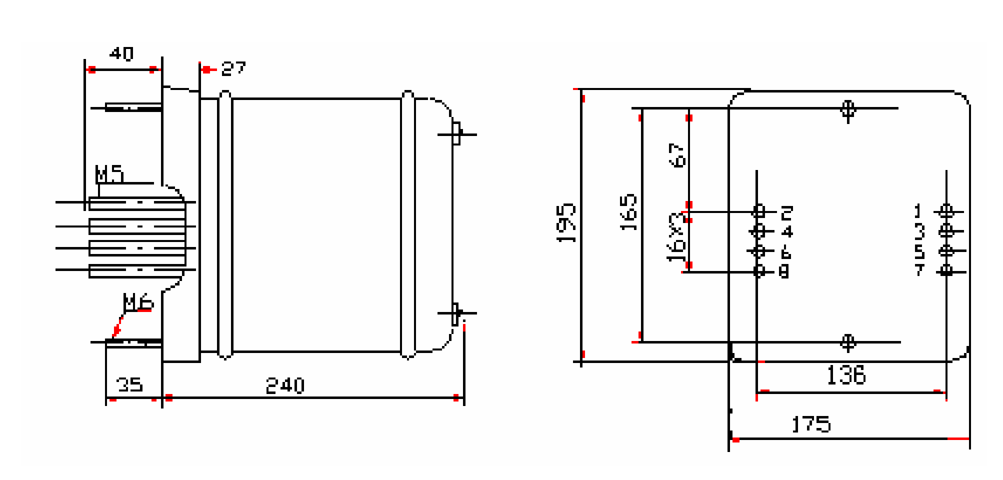


图 1a 板后接线尺寸

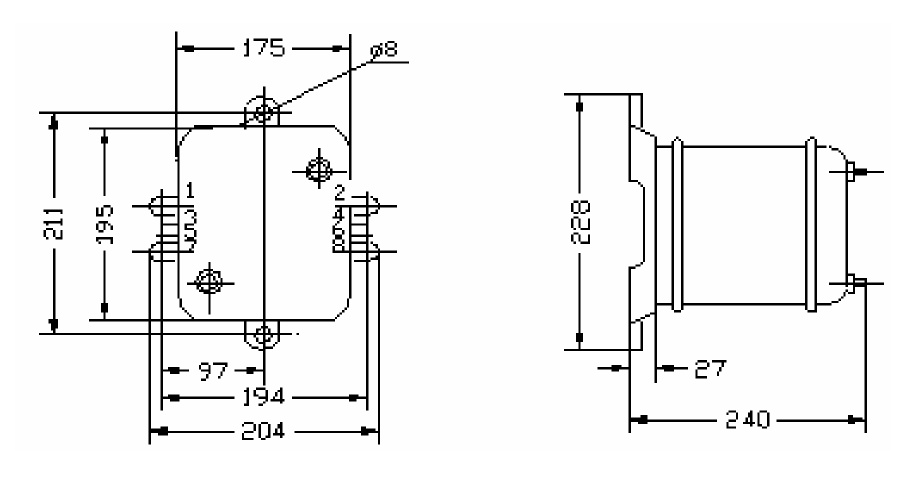


图 1b 板前接线的尺寸

3 工作原理

3.1 概述

本继电器采用差电流原理制成。将被保护设备（以下简称设备）各侧电流互感器二次电流直

接引入继电器中。在设备内部故障时，流入设备的电流与流出设备的电流大小和相位不同， 产生差电流使继电器动作，发出跳闸命令。

在正常运行时，由于流入设备和流出设备的电流 (按变比折算，经过电流匹配到一侧) 相同，理论上讲没有差电流流入继电器。实际上由于设备各侧电流互感器变比不同、误差不同及使用中调压 (调节分接头) 位置的影响，总存在一个不大的差电流。这个电流不大于设备额定电流的 15%，继电器的整定动作电流应大于此差电流。

设备外部 (保护区外) 短路故障 (或称穿越性故障) 时，流过设备的电流可能很大，在故障开始瞬间的暂态过程中，短路电流中往往还包括很大的非周期分量，因而使设备各侧的电流互感器饱和。又因饱和情况不一致，磁化特性不一致，其二次回路差电流可能很大，超过继电器整定的动作电流。为防止继电器在这种情况下误动作，设有比例制动回路。当短路电流增大时，制动量按比例增大，超过差电流产生的动作量，使继电器制动。本继电器具有两侧比例制动，电源侧不设制动。

为了最有效地防止本继电器在设备外部故障时误动作，而在设备内部故障时又能灵敏动作，采用了具有单侧比例制动特性的制动回路。该比例制动特性对于设备外部故障具有优越的制动能力。在外部故障时，制动系数为 0.4～0.6。此时，即使继电器的动作电流整定在最灵敏位置 ($0.2I_n$)，也能够允许一侧所接电流互感器变比误差达 40%，而不会有误动作的可能。而内部故障时，因电源侧无制动，可以很灵敏的动作，切除故障。

在变压器空载接入电网 (空投) 时，或外部短路故障切除后的电压恢复过程中，变压器的励磁涌流可能很大，其值可大大超过变压器的额定电流，远大于继电器整定动作电流值。因涌流仅出现在设备一侧 (电源侧)，对差动继电器来讲是差电流，如不采取措施将会造成误动作。本继电器利用差电流里的二次谐波分量起制动作用。当二次谐波占基波的 15%～20%时，使本继电器制动。因励磁涌流里含有很大比例 (一般超过基波的 30%～40%，甚至大于基波) 的二次谐波分量，可以有效地防止继电器误动作。相反，设备内部出现短路故障时，故障电流里二次谐波含量很小，不会使继电器制动，可以快速切除故障。

在设备内部严重故障时，如变压器引出线间短路，短路电流很大，可达额定电流I_n的 20 倍以上。此时设备可能很快会被损坏，甚至发展成更严重的如变压器油箱爆破等灾难性故障。为防止这种情况的发生，在继电器中设有不带制动的差电流速动部分。这部分的动作仅决定于差电流的大小，只要差电流大于它的整定值，就以极快的速度 (10～15ms) 动作。为防止在变压器空投时误动作，它的动作电流整定值按大于变压器空投时可能出现的最大励磁涌流来确定。

本继电器的原理接线见图 2。它由三部分组成，即：电流调节部分、主回路 (带制动的）和差电流速动回路。主回路又包括差动动作回路、比例制动回路和谐波制动回路三个部分。各回路的工作原理在下面分析。

3.2 主回路工作原理

3.2.1 差动动作回路

这个回路由电抗变压器 1DKB、电容器C_1、硅整流桥ZL_1 和电阻R_1 组成。1DKB 的副绕组与电容器 C_1组成 50Hz 谐振回路。因而其副绕组的输出电压U_1 (即电容器C_1两端电压) 基本上为基波，并正比于其原绕组中通过的差电流里的基波分量。这个电压 U_1经 ZL_1整流之后， 通过比较电阻 R_1，作为动作电压 U_d 加在电容器 C_4和执行回路 (由极化继电器及其附加电阻组成) 上。当U_d在执行回路中产生的直流电流大于极化继电器 JJ 的动作电流时，JJ 动作。触点JJ_1 接通断路器的跳闸回路，跳闸切除故障。改变动作电流整定插头CT_1的位置，即改变JJ 的串联电阻，从而改变了使极化继电器动作的U_d 值， 也就是改变了继电器动作电流整定值。电位器W_1 用来调节继电器的最小动作电流整定值。

3.2.2 谐波制动回路

该回路由电抗变压器 2DKB、电容器C_2、C_3电抗器DK，整流桥ZL_2及电阻R_2组成。2DKB副绕组与电容器C_2组成 100Hz谐振电路。其输出电压U_2 (电容器C_2两端电压) 基本上为二次谐波，并正比于原绕组中通过的差电流里的二次谐波分量。但由于该谐振电路不是理想谐振电路，通过 2DKB 原绕组的差电流里基波分量也在C_2两间产生一个基波电压。为了使这个基波电压不起制动作用，

增设了由电抗器DK与电容C_3并联(谐振)组成的基波阻波器，该阻波器对 50Hz并联谐振，基波阻抗大。U_2通过阻波器后除掉其中的基波分量，再经ZL_2整流后通过电阻R_2作为谐波制动电压Uz_1加在执行回路上，其极性与U_d相反，为制动作用。

本继电器差动回路的谐波特性见图 3 所示。图中曲线为在端子②～④间通入 1A 电流时，执行回路上的电压（电容C_4两端电压）U_4与输电流频率之间的关系曲线。

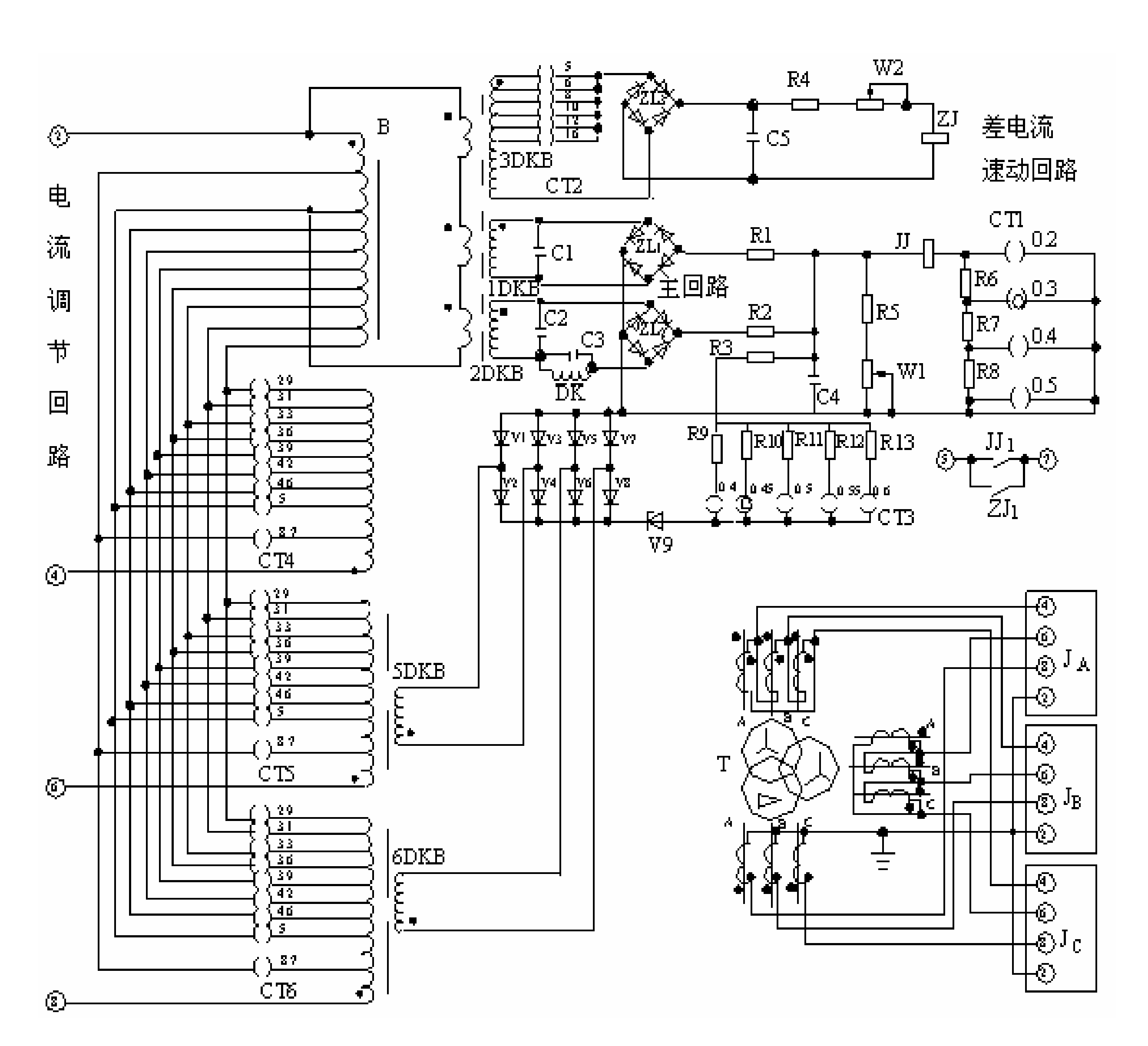


图 2 原理接线图

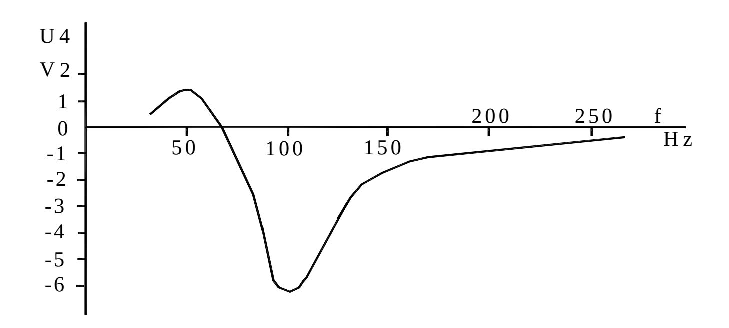


图 3 频率特性曲线

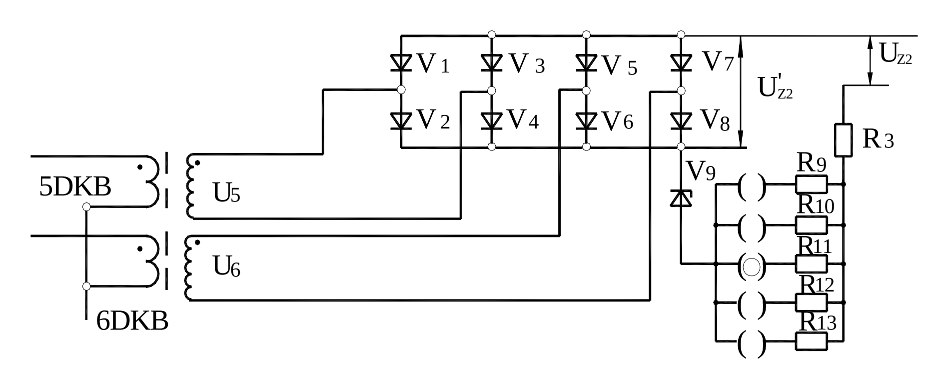


图 4 比例制动回路

3.2.3 比例制动回路

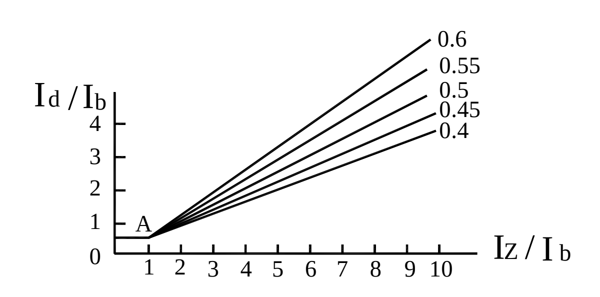


图 5 制动特性曲线

制动回路电路见图 4，制动特性曲线见图 5 所示。本回路由电抗变压器 5DKB、6DKB，二极管V_1～V_8、稳压管V_9、电阻R_3、R_9～R_{13}等元件组成。具有制动系数可调的比例制动特性。5～6DKB的原绕组分别接入被保护设备的二次回路中。通过这两个电抗变压器的电流正比于流出设备各侧的电流。5～6DKB副绕组的输出电压V_5、V_6也正比于设备各侧的流出电流。采用带有空气隙铁芯的电抗变压器将每侧的电流变换成电压，可以有效地抑制故障电流中非周期(直流)分量的影响，实现在整个输入电流范围内可靠地制动作用。

本回路是利用稳压管V_9及电阻R_9～R_{13}来实现制动系数可调的比例制动特性，V_9用来得到零制动段（见图 5 中，拐点A前面的一段)。即当制动电压U_{Z2}较小时(各输出侧电流均小于 0.8～$1I_n$时)，稳压管V_9不能击穿，无比例制动电压U_{Z2}输出，无制动作用。用以保证本继电器在被保护设备内部较少匝数短路时的灵敏度。当制动电流大于拐点A时，U_{Z2}大到使V_9击穿，出现制动电压U_{Z2}，此时制动系数由电阻R_9～R_{13}来决定。改变制动系数整定插头CT_3的位置，即改变了制动回路电阻，从而改变了制动电压U_{Z2}，使制动系数为 0.4、0.45、0.5、0.55、0.6 各值。

本继电器的制动特性曲线见图 5 中曲线，图中I_b为整定电流（定义见 4.1.2)。该特性曲线的试验电路见图 6 所示。

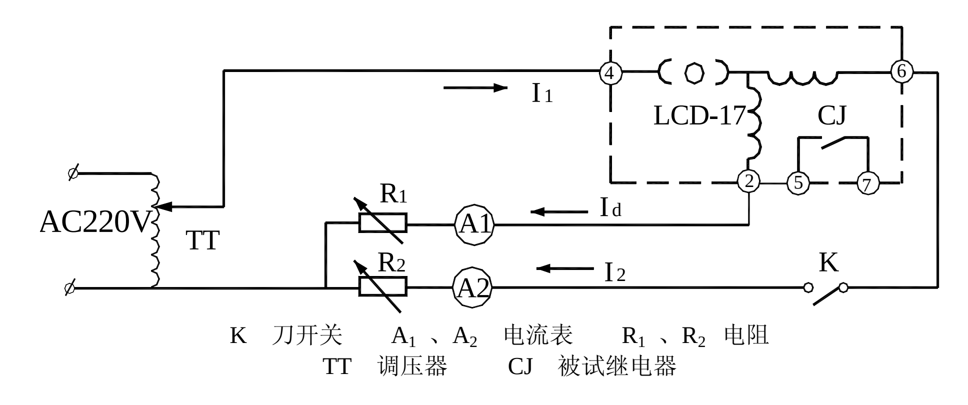


图 6 制动特性试验接线

3.2.4 主回路工作情况

a. 正常运行时，差电流很小，无动作电压U_d和制动电压U_{Z1}、U_{Z2}，执行元件上无电压，不动作。

b. 空投时，有差电流，但$U_{Z1}>U_d$，执行元件有制动电压，不动作。

c. 外部故障时，差动电压U_d有时较大，制动电压U_{Z1}很小，但制动电压U_{Z2}很大，执行元件上有制动电压不动作。

d. 内部故障时，差动电压U_d很大，制动电压U_{Z1}很小，U_{Z2}远小于U_d，执行元件上有动作电压，灵敏动作，通过触点JJ_1动作跳闸。

3.3 差电流速动回路工作原理

由电抗变压器 3DKB、整流桥 ZL_3、电阻R_4、电容器C_5、 电位器W_2及中间继电器ZJ组成。被保护设备内部严重故障时, 3DKB原绕组通过很大的差电流, 其副绕组输出电压U_3经过ZL_3整流，C_5滤波后在执行回路 (R_4、W_2与ZJ 的串联电路) 中产生电流。此电流大于ZJ的动作电流时ZJ 快速动作，通过触点ZJ_1 动作跳闸。这部分是一个快速的差电流继电器，无制动部分。这个电路的动作电流用改变 3DKB副绕组匝数 (即改变抽头) 的办法进行调整。抽头的调整用继电器面板上的插头组 CT_2 来实现。电位器 W_2 用来调整最小差动速断电流整定值，此值调好后，其它整定值即可保证一定的准确度。

3.4 电流调节部分工作原理

这部分的作用是用来进行变比调节和电流匹配 (或称调平衡) 的。通常被保护设备各侧电压等级不同，所装的电流互感器变比不同。在额定负荷时，各侧变流器的二次电流一般均不同。为此，以往必须用辅助中间变流器或自耦变流器 (均为多抽头的)再进行一次变换使流入差动继电器的各侧电流相同 (或差值不超过 3%～5%)。为省去辅助中间变流器，本继电器设有电流调节回路对设备各侧电流互感器二次流入继电器的电流进行变换，使之相同或作用相同，相当于将辅助中间变流器装在继电器里的作用。

这部分由自耦变流器B和电抗变压器 5～6DKB的原绕组及插头组CT_4～CT_6组成。在设备各侧带额定负荷，流入继电器各侧的电流不同时，利用插头来改变 5～6DKB原绕组的抽头和B的抽头，使在各侧额定电流时，各侧电流在B中产生的安匝数相同，例如I侧(端子)流入的额定电流为3.3A时，则插头就插在 3.3 位置，该侧电流通过插头组CT_4流入B中，不产生制动量。II侧 (端子) 流入的额定电流为 4.6A，则插头就插在 4.6 位置(5DKB抽头匝数为W_2)。此时 5DKB原方的励磁磁势为 4.6W_2安匝，副方输出电压为U_5，III侧 (端子) 流入的额定电流为 5A，则插头插“5”位置 (6DKB抽头匝数为W_3)，此时 6DKB原绕组的励磁磁势为5W_3安匝，副绕组输出电压为U_6。继电器设计时选择 5～6DKB的原绕组抽头匝数时，使每个抽头的匝数与对应标字 (即标称电流) 乘积相等。 根据这个原则知 5～6DKB 副方输出电压 $U_5=U_6$，制动部分达到了平衡。

自耦变流器B的作用是调平衡，使正常运行或外部故障时 (在被保护设备各侧电流互感器，以下简称主CT，变比正确，未饱和时) 流入 1DKB～3DKB 原绕组的差电流为零。 如上述假设 I 侧额定电流为 3.3A，插头插在“3.3”位，则该电流通过插头组CT_4后流入B的“3.3”位抽头 (对应匝数

WB_1）在B 绕组中产生的磁势为 $3.3WB_1$。II 侧额定电流为 4.6 安，插头插在“4.6”位， 则该电流通过 5DKB原绕组后流入B的“4.6”位抽头(对应匝数WB_2)，在B绕组中产生的磁势为 $4.6WB_2$。III侧额定电流为 5A，抽头插在“5”位，该电流通过 6DKB原绕组后流入B的“5”位抽头 (对应匝数WB_3) 在B绕组里产生的磁势为 $5WB_3$。B抽头匝数的选择原则也是每个抽头的匝数与对应标字的乘积相等。根据这个原则 $3.3WB_1=4.6WB_2=5WB_3$。如每个电流单独作用于B时，在B的输出端输出的电流 (通过 1～3DKB原绕组的电流)应均为 5A。同理，三个电流同时作用时，因设备内部无故障，流入电流与流出电流之和应为零，则B的输出端无电流，即已调平衡。

本继电器两部分在各种工况下的动作情况见表 1 所示。

表 1

工况（或故障性质）	动作情况	
	速动回路	主回路
正常运行	不动	不动
保护区外短路	不动	不动
变压器空载投入	不动	不动
保护区内一般故障	不动	动
保护区内严重短路	速动	动

4 技术性能及特点

4.1 技术性能

4.1.1 额定电流（I_n）5A，50Hz。

4.1.2 电流调节能力

归算到电流互感器二次侧的被保护设备各侧额定电流 (即各侧流入继电器的电流)称为标称电流I_b，标称电流调整范围见表 2。

4.1.3 主回路最小动作电流整定范围

0.2，0.3，0.4，0.5 倍标称电流 (I_b)。

表 2

插头整定位置 n	2.9	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	5	8.7
标称电流 I_b (A)	2.9	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	5	8.7

4.1.4 主回路比例制动系数K_{Z2}整定范围

0.4，0.45，0.5，0.55，0.6。

4.1.5 主回路二次谐波制动比K_{Z1}

15％～20％。

4.1.6 差电流速动回路动作电流整定范围

5，6，8，10，12，16 倍标称电流 (I_b)。

4.1.7 动作速度

主回路：在三倍整定动作电流下，最小动作电流整定为 0.2 倍标称电流时，50±5ms；最小动作电流整定在 0.5 倍标称电流时，40±5ms。

差电流速动回路：在 1.5 倍整定动作电流下不超过 15ms。

4.1.8 返回系数

不小于 0.4。

4.1.9 功率消耗

在整定电流下差动回路不大于 1.5VA，制动回路 (每侧) 不大于 0.8VA。

4.1.10 触点容量

在电压不超过 250V，电流不大于 0.2A 的直流有感电路中 ($\tau=5\pm0.75$ms)，触点断开容量不小于 20W，在交流电路中 ($\cos\phi=0.4\pm0.1$)断开容量不小于 50VA。

4.1.11 过电流能力

长期 $2I_b$， 1s $50I_b$。

4.1.12 绝缘强度

继电器所有电路对外壳以及在电气上无联系的各电路之间的绝缘强度，应能耐受 50Hz、2000V的交流电压，历时 1min，应无击穿和闪络现象。

4.1.13 重量：8kg。

4.2 特点

4.2.1　有电流调节能力

当输入电流在表 2 范围内 (2.9～8.7A) 变化时，可以调平衡。在绝大多数情况下不需用辅助中间变流器，因而大大降低了总成本。

4.2.2　简化接线，提高可靠性

因省去了中间变流器，大大简化中间环节的接线，减少接线故障率，提高了可靠性。

4.2.3　制动特性优良

采用了单侧电源情况下专用的负荷侧比例制动回路。外部故障时制动量大，故障电流越大，制动能力越强，有效地防止误动作。内部故障时，无制动量，提高了内部故障时的灵敏度。

4.2.4　交流消耗小，减轻了主电流互感器的负担

因继电器本身消耗小，又省去了辅助中间变流器，减小了中间变流器的消耗。因而大大的减轻了主电流互感器的负担，提高了可靠性。

4.2.5　过电流能力强。

5　检查与调试方法

5.1　检查安装质量

a.　电器内元器件应安装牢固、端正，所有螺钉无松动、劈口现象。

b.　器件规格正确，安装、焊接正确，铆钉铆接牢固。

c.　线正确、牢固、整齐，接触可靠。

d.　有焊点牢固、清洁，无虚焊及焊剂堆积现象。

5.2　极化继电器检查

在端子 1—4 缓慢通过直流电流 (端子 2 与 3 连上，4 端为正，1 端为负)，其动作电流应为 0.4～0.5mA，返回系数不小于0.4。触点间隙不小于0.5mm。

5.3　动作电流试验

试验接线见图 7。试验步骤如下：

a.　将被试继电器 5—7 端接信号灯，之后合开关 K 接通电路；

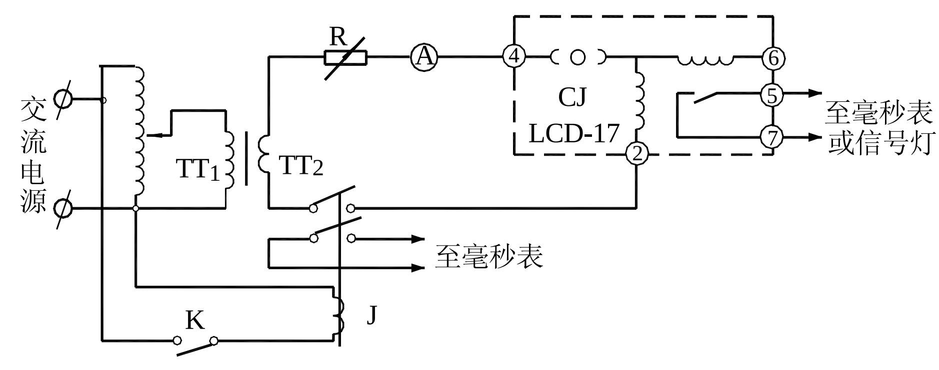
b.　调 TT_1 升电流使 CJ 动作，表 A 的读数即为 CJ 动作电流I_d；

c.　调 TT_1 降电流使 CJ 返回，表 A 读数即返回电流I_f；

d.　重复“b”、“c”两项 5～10 次，得出 I_d 与I_f的 10 次算术平均值 I_{dp}、I_{fp}，按公式⑴ 求出返回系数K_f

$$K_f = I_{fp} / I_{dp} \quad (1)$$

e.　对每个整定值重复上述b～d项操作，得出的I_{dp}、K_f应符合 4.1.3 及 4.1.8 规定，误差不大于±10%。



TT_1 调压器　TT_2 升流变压器　R 变阻器　A 电流表

K 刀开关　J 交流接触器　CJ 被试继电器

图 7

5.4　制动特性试验

试验接线见图 6。CT_1插头整定在“0.3”位置，电流调节插头 CT_4－CT_6 整定在“2.9”位置。制动系数整定插头 CT_3 放在任一整定位置。

a.　调节 TT 及R_1使电流I_d增加 (不合K) 到CJ动作，此时 I_d 值应为 0.87A。

b.　合K，用 TT 及R_2调节I_z为I_{Z1}(应≥5A)，再调 R_1 增加I_d，使CJ动作，此时I_d 为I_{d1}。调TT及R_2 使Iz为I_{Z2} (应≥10A)，再调R_1使I_d为 I_{d2}。调R_2使I_Z增到I_{z3}(≈15A)，再调R_1使I_d增到I_{d3}。用下式⑵计算制动系数K_{Z2}，应符合 4.1.4 规定：

$$K_{Z2} = [K_{Z2⑴} + K_{Z2⑵}] / 2 \quad (2)$$

式中：

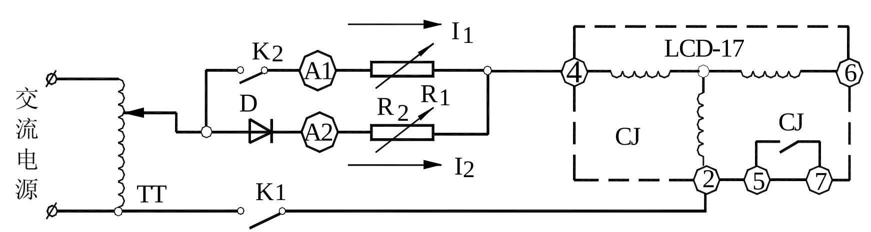
$K_{Z2(1)} = (I_{d2}-I_{d1}) / (I_{z2}-I_{z1})$

$K_{Z2(2)} = (I_{d3}-I_{d2}) / (I_{z3}-I_{z2})$

改变制动系数整定插头 CT_3 位置，重复上述试验，得出相应制动系数。

5.5 二次谐波制动比试验

试验接线见图 8。插头位置与“5.4”相同。试验步骤如下：



K_1 、K_2 开关 R_1、R_2 滑动电阻（8A、13Ω） TT 调压器；

A_1、A_2 电流表 D 10A、220V 二极管 CJ 被试继电器

图 8

a. 合K_1，调 TT 与 R_2 使电流 I_2＝3A；

b. 合K_2，调 R_1 升电流 I_1 使 CJ 动作，再减小 I_1 使 CJ 刚刚返回；

c. 拉合 K_1，CJ 不应动作。如动作时，再调 R_1 减小电流 I_1，再拉合K_1，CJ 不应动作。求出拉合K_1时刚好 CJ 不动作的 I_1最大值 I_{1m}。

d. 按下式⑶求出二次谐波制动比K_{Z1}：

$K_{Z1} = 0.3I_2 / (0.71I_2 + I_{1m})$ (3)

e. 图中电流表A_2应为是电磁式或电动式仪表，不得用内附变流器的仪表和整流式仪表。如无上述仪表时，A_2可用磁电式直流电流表，但制动比需按下式⑷计算：

$K_{Z1} = 0.47I_2 / (1.11I_2 + I_{1m})$ (4)

5.6 动作时间试验

试验接线见图 7。试验步骤如下：

a. 被试继电器 CJ 端子 5—7 接毫秒表；

b. 合开关 K，调节 TT_1 及 R 使电流表读数为整定动作电流的三倍，拉开 K ；

a. 为区别是哪部分动作，试验时应取下极化继电器；

b. 测时间应加 1.5 倍整定动作电流；

c. 试验次数应少，取 3 次，通电时间应短。

6 使用与维护

6.1 使用接线

c. 突然合 K，由毫秒表读出动作时间；

d. 重复“C”项 10 次，求出平均值即为动作时间值，应符合 4.1.7 规定。

5.7 速动部分试验

速动部分试验电路为图 7。试验方法按 5.3 (动作电流) 和 5.6 (动作时间) 进行，但应注意：

图 9 为用于双绕组变压器的典型接线，图 10 为用于三绕组变压器的典型接线。

6.2 电流互感器联接组的确定

接入差动保护的各侧电流大小和相位在正常运行时应一致，因而要进行匹配。电流的大小用各侧电流互感器的变比和差动继电器内部的电流调节插头来调节，使之一致,相位要用电流互感器的联接组进行补偿。

选择电流互感器联接组的原则是：

a. 变压器绕组为 Y/△ 接线时，Y 形侧的电流互感器应接成 △，变压器 △ 形侧的电流互感器应接成 Y 形，进行相位补偿。

b. 变压器绕组两侧均为 Y 形时，两侧的电流互感器均应接成 △ 形， 能消除零序电流对继电器的影响，也就是使零序电流被短路。

电流互感器的联接组可按图 11 及表 3 进行选择。

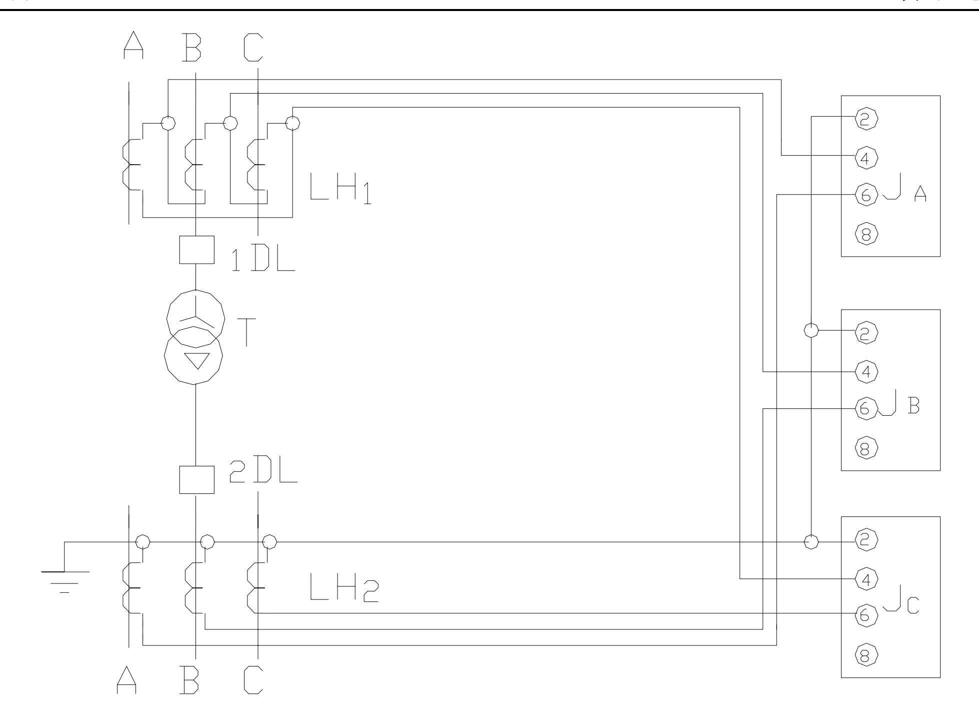
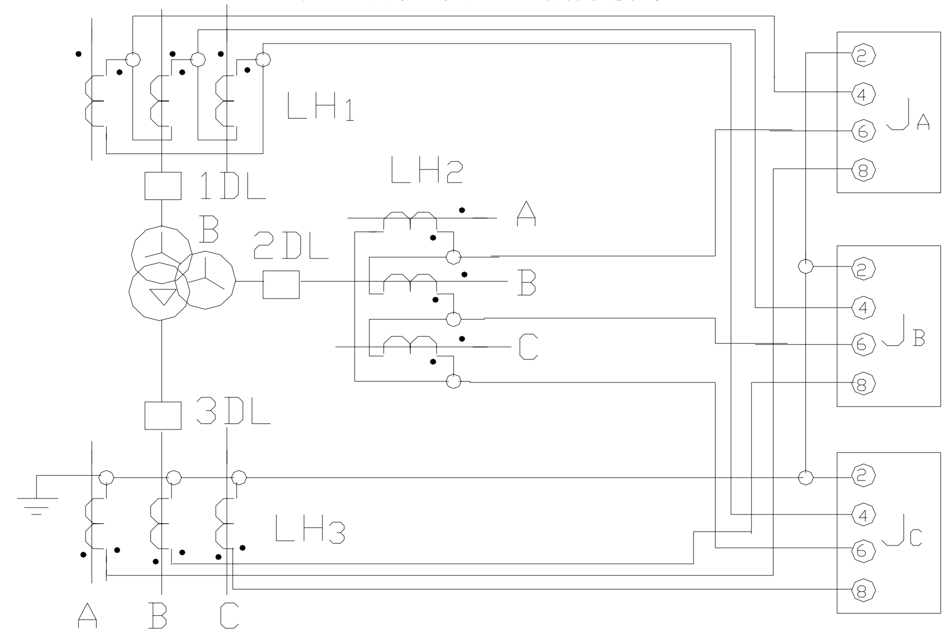


图 9 两绕组变压器差动保护接线



B 主变压器 LH_1 ～LH_3 电流互感器

JA～JC 差动继电器 1～3DL 断路器

图 10 三绕组变压器差动保护接线

图 11 和表 3 中 SB 为变压器的联接组，SL 为变压器I侧的电流互感器应采用的联接组，SL_2为变压器 II 侧的电流互感器应采用的联接组。三绕组变压器应每两侧分别确定其联接组。

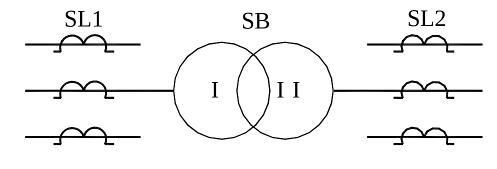


图 11 接线组的确定

表 3

SB	SL_1	SL_2	SB	SL_1	SL_2
Y/Y-12	Y/Δ-5	Y/Δ-5	Δ/Y-5	Y/Y-12	Y/Δ-7
Y/Y-6	Y/Δ-5	Y/Δ-11	Δ/Y-11	Y/Y-12	Y/Δ-1
Y/Δ-11	Y/Δ-11	Y/Y-12	Δ/Δ-12	Y/Y-12	Y/Y-12
Y/Δ-5	Y/Δ-5	Y/Y-12	Δ/Δ-6	Y/Y-12	Y/Y-6

6.3 整定计算方法

6.3.1 电流调节插头位置（即标称电流值）的确定

电流调节插头，即继电器内插头组CT_4～CT_6，以三绕组变压器差动保护为例来说明。其典型接线示意图见图 10。将图 10 简化画在图 12 中，令变压器三侧额定电压（相间电压）为U_1～U_3，计算如下：

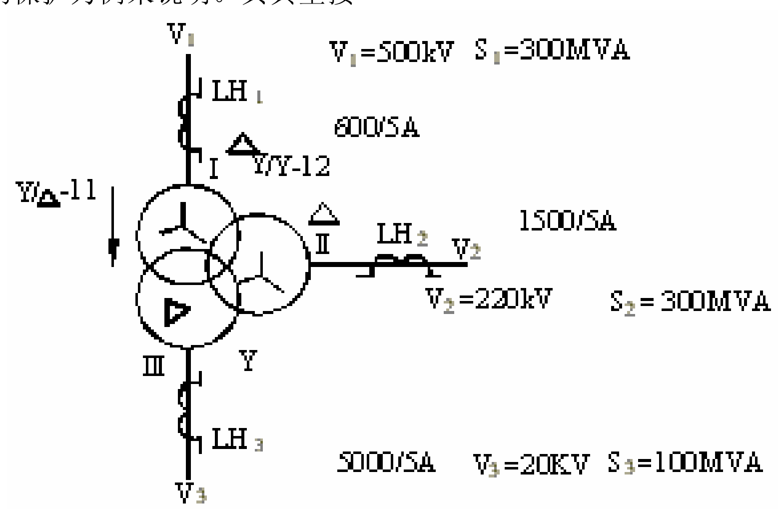


图 12

a. 计算变压器各侧额定电流

应以变压器三侧绕组额定容量最大侧的额定容量 S 为参考值，按下式求出各侧额定电流：

$$I_1 = S/\sqrt{3}\,U_1 \quad I_2 = S/\sqrt{3}\,U_2 \quad I_3 = S/\sqrt{3}\,U_3 \qquad (5)$$

式中U_1、U_2、U_3为变压器各侧额定电压。

b. 计算由电流互感器（简称变流器）LH_1～LH_3流入差动继电器各侧的电流。按下式计算。

$$i_{1\triangle} = \sqrt{3}\,I_1/N_1 \quad i_{2\triangle} = \sqrt{3}\,I_2/N_2 \quad i_{3Y} = I_3/N_3 \qquad (6)$$

式中：$i_{1\triangle}$、$i_{2\triangle}$指这两侧变流器二次为△接线，流入继电器的是线电流；

i_{3Y}指这侧变流器二次为Y接线，流入继电器的是相电流。

N_1～N_3为各侧变流器变比。

c. 在继电器的整定插头板上，按表 2 取最接近 (6) 式算得值的位置作为实际整定位置，即标称电流I_{b1}、I_{b2}、I_{b3}。如(6)式算得的$i_{1\triangle}$、$i_{2\triangle}$、i_{3Y}值与表 2 中值相差太大，则应取$i_{1\triangle}$、$i_{2\triangle}$、i_{3Y}中最大者最接近值为参考整定值K（K_1、K_2、或K_3）其余两侧K值按下式来计算：

$$i_{1\triangle}/K_1 = i_{2\triangle}/K_2 = i_{3Y}/K_3 \qquad (7)$$

在整定插头板上取得最接近上述算得的K_1、K_2、K_3的插头值为实际整定位置I_{b1}、I_{b2}、I_{b3}。

d. 计算在变压器各侧绕组的实际额定容量下，从变流器流入继电器的电流，应不超过表 2 中所列插头对应整定电流值的 1.5 倍。

在实际应用中，如变压器各侧额定电压可能改变时(调节分接头或有载电压)，应取其电压可能的最大值U_{max}和最小值U_{min}按下式(8)算得的平均值作为计算用的U_1、U_2、U_3。

$U=\sqrt{U_{max}\cdot U_{min}}$ (8)

6.3.2 主回路动作电流的确定

因为本继电器内部有电流调节部分，各侧输入继电器的电流 (标称电流) 均不相同，因而应按上式确定各侧动作电流：

$I_{dz}=I_{dz}^{*}\cdot I_b$ (9)

式中I_b按前面“6.3.1 中c”确定的各侧标称电流值；

I_{dz}^{*}动作电流整定值的相对值，是以标称电流I_b 的倍数表示的有 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 各值 (见 4.1.3)。I_{dz}^{*}的确定方法如下，先按下式求出：

$I_{dz}'=(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)\cdot K_K$ (10)

式中：

α_1变压器各侧变流器 LH_1～LH_3 在正常运行时的最大可能误差，可取 0.03～0.05；

α_2变压器调压 (调节分接头) 时形成的最大误差，为调压范围的一半，一般约 0.1～0.125, 如为两侧调压，应为各侧调压范围的一半之和；

α_3电流调节插头产生的误差，即各侧标称电流I_b与式 (6) 算出的对应电流之差里最大的一个，一般≤0.1；

K_K可靠系数，可取 1.3～2。

算出I_{dz}'之后，在 0.2、0.3、0.4、0.5 各值之中， 选取大于I_{dz}'而又最接近I_{dz}'的值作为I_{dz}^{*}之值，再按式 (9) 求出各侧动作电流值的I_{dz}。

6.3.3 差电流速动回路动作电流的确定，由下式确定动作电流值I_{cd}。

$I_{cd}=I_{cd}^{*}\cdot I_b$ (11)

式中：I_{cd}^{*}为动作电流整定值的相对值，以标称电流I_b的倍数表示，有 5、6、8、10、12、16 各值 (见 4.1.6)。

I_{cd}^{*} 的选择原则是大于变压器空投时励磁涌流的最大值，小于变压器引线端部短路电流的最小值，可按表 4 来选择。

选定I_{cd}^{*}之后，可按式 (11) 求出各侧速动电流值。

表 4

变压器连接组	变压器容量(MVA)	变压器电源在	
		高压侧	低压侧
Y-Y	＜10	$16I_b$	$16I_b$
Y-Y	＞10	$12I_b$	$12I_b$
Y-Δ (低压)	＞10	6～$10I_b$	$12I_b$

6.3.4 比例制动系数K_{Z2}的确定：

按下式（12）求出K_{Z2}

$K_{Z2}=(\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4)\cdot K_K$ (12)

式中：α_4为变压器各侧变流器LH_1～LH_3在过电流时的最大可能误差，当短路电流不超过变流器的 10%倍数时，应取 0.1，超过时取 0.15～0.3。

α_2、α_3与 6.3.2 相同。

K_K为可靠系数，可取 1.5～3。

6.3.5 计算举例

有一变压器，如图 12 所示，确定其各侧变流器的联接组和继电器的整定值。变压器各侧电压变化范围是：

$U_{1min}=476kV, U_{2min}=220kV, U_{3min}=20kV$

$U_{1max}=525kV, U_{2max}=220kV, U_{3max}=20kV$

a. 各侧电压平均值：

$U_1=\sqrt{525\times476}=500kV$，$U_2=220kV$，

$U_3=20kV$

b. 按表 3 确定联接组

Ⅰ－Ⅲ两侧SB为Y/△－11，LH_1 应为Y/△－11，LH_3应为Y/Y—12；

Ⅰ－Ⅱ两侧SB为Y/Y－12，LH_1为Y/△=11，LH_2也应为Y/△－11。

c. 计算变压器各侧额定电流 (按式 5)

以容量最大侧的容量 S＝300MVA 为参考值：

$I_1=(300\times10^3)/(\sqrt{3}\times500)=346.4A$

$I_2=(300\times10^3)/(\sqrt{3}\times220)=787.3A$

$I_3=(300\times10^3)/(\sqrt{3}\times20)=8660A$

d. 计算流入差动保护继电器的电流(按式 6)：

$i_{1\triangle}=\sqrt{3}I_1/N_1=(\sqrt{3}\times346.4)/(600/5)=5A$

$i_{2\triangle}=\sqrt{3}I_2/N_2=(\sqrt{3}\times787.3)/(1500/5)=4.55A$

$i_{3Y}=I_3 / N_3$ = 8660 / (5000 / 5)= 8.66A

e. 按表 2 取整定位置为：

$I_{b1}=5$　　$I_{b2}=4.6$　　$I_{b3}=8.7$

f. 在变压器各侧实际额定电流下流入继电器的电流：

Ⅰ侧　$S_1=S$　　$i_1=i_{1\triangle}=5A$

Ⅱ侧　$S_2=S$　　$i_2=i_{2\triangle}=4.55A$

Ⅲ侧S_3=100MVA

$I_3=[(100\times10^3)/(\sqrt{3}\times20)]\times(5/5000)=2.87A$

g. 确定动作电流

取α_1=0.03　α_2=0.1　α_3=0.011　K_K=2

按 ⑽ 式求出I_{dz}'：

$I_{dz}'=(0.03+0.1+0.011)\times2=0.282$，取$I_{dz}*=0.3$

按式 ⑼$I_{dz}=I_{dz}*\cdot I_b$得：

Ⅰ侧$I_{dz1}=0.3I_{b1}=0.3\times5=1.5A$

Ⅱ侧$I_{dz2}=0.3I_{b2}=0.3\times4.6=1.38A$

Ⅲ侧$I_{dz3}=0.3I_{b3}=0.3\times8.7=2.61A$

h. 确定速动电流

由表 4 选I_{cd}^*

因变压器为Y/△接线，电源在高压侧，变压器容量较大，I_{cd}^*可选 6～10，一般取$I_{cd}^*=8$

按式 ⑾ 求出$I_{cd}=I_{cd}^*\cdot I_b$：

Ⅰ侧$I_{cd1}=8\cdot I_{b1}=8\times5=40A$

Ⅱ侧$I_{cd2}=8\cdot I_{b2}=8\times4.6=36.8A$

Ⅲ侧$I_{cd3}=8\cdot I_{b3}=8\times8.7=69.6A$

i. 确定制动系数

按式 ⑿ 求制动系数K_{Z2}：

$K_{Z2}=(\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4)\times K_K$

式中：α_2=0.1，α_3=0.011，α_4=0.1，K_K=2

$K_{Z2}=(0.1+0.11+0.1)\times2=0.42$，取 0.45。

6.4 使用

6.4.1 继电器在投入运行前应按本说明书进行检查和试验。接入回路后，投入运行时的测量如下：

a. 在变压器带上负荷后，用高内阻电压表(如万用表)，通过继电器铭牌上的插孔 Uc，测量差电压应不大于：

$U_c\leqslant\alpha_3\cdot K\cdot K_\triangle\cdot I/N$　⒀

式中：U_c差电压，单位V；

α_3见 ⑽ 式说明；

K 误差系数，可取 2；

$K_\triangle$接线系数，变流器为△形接线时取$\sqrt{3}$，Y形接线时取 1；

I 变压器一侧之负荷电流；

N 该侧变流器的变比。

b. 用高内阻电压表通过铭牌上的插孔U_{z1}或U_{z2} 测量各侧制动电压应不小于：

$U_Z=6\sim10\ I/I_n$　⒁

式中：I 该侧负荷电流（A）；

U_z该侧制动电压（V）；

I_n前面式 ⑸ 算得的该侧额定电流。

c. 如不符合上述两项要求，应考虑接线有错误，要及时检查纠正。

7 订货须知

订货时请指明：

a. 产品型号、名称、交流额定电流；

b. 订货数量、收货单位地址。